

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра квантової радіофізики

”

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Перший проректор

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 р.

Програма навчальної дисципліни  
МАТЕРІАЛИ КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ  
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали  
(шифр, назва спеціальності)

спеціалізація квантова радіофізика та фотоніка  
(шифр, назва спеціалізації)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

20 16 / 20 17 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

к.ф.-м.н., доцент кафедри квантової радіофізики Левченко Олександр Миколайович

Програму схвалено на засіданні кафедри квантової радіофізики

Протокол від “ 21 ” червня 2016 року № 8

Завідувач кафедри квантової радіофізики

\_\_\_\_\_ проф. Маслов В.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено методичною комісією  
факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

Протокол від “ 16 ” червня 2016 року № 6

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

\_\_\_\_\_ (проф. Черногор Л. Ф.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “ Матеріали квантової електроніки ” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки магістр  
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

спеціалізації квантова радіофізика та фотоніка

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є фізичні властивості матеріалів, що використовуються в квантовій електроніці

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Загальні фізичні властивості матеріалів квантової електроніки.
2. Електричні властивості матеріалів.
3. Магнітні властивості матеріалів.
4. Оптичні властивості матеріалів.

### 2. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є забезпечення відповідним сучасним вимогам знань студентів про фізичні властивості матеріалів, що використовуються в квантовій електроніці та загальні методи вимірювань характеристик матеріалів.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є вивчення фізичних властивостей матеріалів квантової електроніки, електричних, магнітних та оптичних явищ, що виникають в цих матеріалах.

**знати:** основні матеріали що використовуються в квантовій електроніці та їх характеристики, дефекти в матеріалах квантової електроніки, методи характерізації матеріалів, спектроскопічні методи, фізичні явища, що виникають в матеріалах під впливом електричних, магнітних полей та світла;

**вміти:** вимірювати електричні, магнітні та оптичні характеристики матеріалів квантової електроніки і здійснювати чисельні розрахунки фізичних величин.

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна / за вибором
Денна форма навчання Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки
1-й
Семестр
2-й
Лекції
32 год.
Практичні, семінарські заняття
Лабораторні заняття
16 год.
Самостійна робота
102 год.
Індивідуальні завдання
год.

### 3. Структура навчальної дисципліни

#### Розділ 1. Основні властивості матеріалів квантової електроніки.

##### **Тема 1. Аморфні (некристалічні) матеріали.**

Основні властивості некристалічних матеріалів. Пористі матеріали. Застосування некристалічних матеріалів в квантовій електроніці.

##### **Тема 2. Кристали.**

Основні властивості кристалів. Фазові переходи в кристалах. Кристали, що використовуються в квантовій електроніці.

##### **Тема 3. Дефекти в матеріалах квантової електроніки.**

Класифікація дефектів. Ростові дефекти.

##### **Тема 4. Вплив іонізуючих випромінень на фізичні властивості матеріалів.**

Типи іонізуючих випромінень та їх вплив на фізичні властивості матеріалів. Радіаційні дефекти.

#### Розділ 2. Електричні властивості матеріалів.

##### **Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані електричним полем.**

Поляризація. Нелінійність. Дисперсія. Електропровідність. Електрострикція. Обратний п'єзоэффект. Теплові ефекти. Ефект Штарка. Паралелектричний резонанс..

##### **Тема 2. Електропровідність.**

Електропровідність в слабких та сильних електричних полях. Температурна залежність електропровідності. Частотна залежність електропровідності.

##### **Тема 3. Діелектричне проникнення.**

Дісперсія діелектричного проникнення. Температурна залежність діелектричного проникнення. Вплив структури матеріала на діелектричне проникнення. Вплив фазових переходів на діелектричні властивості матеріала. Сегнетоелектричний фазовий перехід.

**Тема 4. Методи вимірювання електричних характеристик матеріалів.**

Вимірювання електропровідності. Вимірювання діелектричного проникнення. Діелектрична спектроскопія. Параелектричний резонанс.

**Розділ 3. Магнітні властивості матеріалів.**

**Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані магнітним полем.**

Ефект Зеемана. Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР). Ядерний магнітний резонанс (ЯМР). Подвійний електронно-ядерний магнітний резонанс. Ферромагнітний резонанс.

**Тема 2. Магнітні властивості матеріалів квантової електроніки.**

Магнітне проникнення матеріалів. Магнітні дефекти в матеріалах квантової електроніки.

**Тема 3. Використання магнітних властивостей матеріалів в приладах квантової електроніки.**

Мазери. Спектрометри ЕПР.

**Тема 4. Використання магнітних властивостей для дослідження структури матеріалів.**

Метод ЕПР спектроскопії. Метод спиногового гамільтоніану. Можливості методу ЕПР для дослідження дефектності структури матеріалів.

**Розділ 4. Оптичні властивості матеріалів.**

**Тема 1. Фізичні явища, що індуковані в твердих тілах світловими полями.**

Поляризація та сприйнятливність прозорої речовини. Ефект Керра. Ефект Покеельса. Багатофотонне збудження. Багатофотонна іонізація. Нелінійні ефекти.

**Тема 2. Оптичні властивості матеріалів в слабких та сильних світлових полях.**

Оптична анізотропія. Нелінійно-оптичні середовища. Лазерна міцність матеріалів.

**Тема 3. Матеріали, які використовуються в приладах квантової електроніки оптичного діапазону.**

Оптичні матеріали для генерації лазерного випромінювання, нелінійно-оптичні матеріали для отримання гармонік лазерного випромінювання. Матеріали для детекторів лазерного випромінювання.

**Тема 4. Методи вимірювання оптичних характеристик матеріалів.**

Метод оптичної спектроскопії. Метод люмінесценції.

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Основні властивості матеріалів квантової електроніки.</b>						
<u>Тема 1. Аморфні (некристалічні) матеріали.</u>	17	2				15
<u>Тема 2. Кристали.</u>	17	2				15
<u>Тема 3. Дефекти в</u>	2	2				

<u>матеріалах квантової електроніки.</u>						
Тема 4. Вплив іонізуючих випромінень на фізичні властивості матеріалів.	2	2				
Разом за розділом 1	38	8				30
<b>Розділ 2. Електричні властивості матеріалів.</b>						
<u>Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані електричним полем.</u>	2	2				
<u>Тема 2. Електропровідність.</u>	6	2		4		
<u>Тема 3. Діелектричне проникнення.</u>	6	2		4		
<u>Тема 4. Методи вимірювання електричних характеристик матеріалів.</u>	2	2				
Разом за розділом 2	16	8		8		
<b>Розділ 3. Магнітні властивості матеріалів.</b>						
<u>Тема 1. Фізичні явища в твердих тілах, що індуковані магнітним полем.</u>	17	2				
<u>Тема 2. Магнітні властивості матеріалів квантової електроніки.</u>	2	2				
<u>Тема 3. Використання магнітних властивостей матеріалів в приладах квантової електроніки.</u>	2	2				
<u>Тема 4. Використання магнітних властивостей для дослідження структури матеріалів.</u>	36	2		4		45
Разом за розділом 3	57	8		4		45
<b>Розділ 4. Оптичні властивості матеріалів.</b>						
<u>Тема 1. Фізичні явища, що індуковані в твердих тілах світловими полями.</u>	2	2				
<u>Тема 2. Оптичні властивості матеріалів в слабких та сильних світлових полях.</u>	2	2				
<u>Тема 3. Матеріали, які використовуються в приладах квантової</u>	2	2				

<u>електроніки оптичного діапазону.</u>						
<u>Тема 4. Методи вимірювання оптичних характеристик матеріалів.</u>	40	2		4		24
Разом за розділом 4	36	8		4		24
<b>Усього годин</b>	147	32		16		99

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювання параметрів електропровідності матеріалів.	4
2	Вимірювання діелектричного проникнення матеріалів.	4
3	Дослідження структури спектрів ЕПР матеріалів.	4
4	Дослідження анізотропії оптичного поглинання в кристалах.	4
	Разом	<b>16</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи вирощування кристалів. Використання нанотехнологій в виробництві матеріалів	15
2	Методи дослідження структури матеріалів. Рентгеноструктурний аналіз. Методи дослідження фазових переходів у кристалах.	15
3	Метод ядерного магнітного резонансу	15
4	Електричне детектування електронного парамагнітного резонансу (ЕДЕПР)	15
5	Оптичне детектування магнітного резонансу (ОДМР)	15
6	Лазерна обробка матеріалів	15
7	Метод вимірювання лазерної міцності матеріалів.	12
	Разом	<b>102</b>

#### 6. Індивідуальні завдання

Індивідуальних завдань не заплановано.

### 7. Методи контролю

По курсу проводиться 2 письмові контрольні роботи, які оцінюються в відповідних балах.

### 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота																Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1				Розділ 2				Розділ 3				Розділ 4				60	40	100
T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4			
4	5	3	3	3	4	5	3	3	3	3	6	3	3	3	6			
15				15				15				15						

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для екзамену
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

### 9. Рекомендована література

1. Шульга В. М., Перепечай М. П., Тютюнник В. Б., Левченко О. М. Квантовая радиофизика: методические указания к лабораторным работам. Х.: ХНУ имени В. Н. Каразина, 2010, 84 с.
2. Песковацкий С. А. Квантовая электроника: текст лекций. Х.: ХГУ, 1984, 74 с.

### Основна література

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978, 792 с.
2. Азаматов З. Т., Арсеньев П. А., Багдасаров Х. С., Бедиллов, М. П. Евдокимов А. А., Цеханович В. М. Дефекты в материалах квантовой электроники / Под ред. академика М.Т. Шпака. Ташкент «ФАН», 1991, 260с.
3. Келли Б. Радиационное повреждение твердых тел. М.: Атомиздат, 1970, 240 с.
4. Поплавко Ю. М. Физика диэлектриков. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980, 400 с.
5. Вертц Дж., Болтон Дж. Теория и практические приложения метода ЭПР. М.: Мир, 1975, 552 с.

### Допоміжна література

1. Handbook of Crystal Growth (Second Edition). Edited by: Peter Rudolph, Elsevier, 2015.
2. Advanced Lasers, vol.193, O. Shulika and I. Sukhoivanov, Eds. Netherlands: Springer, 2015.



3. Мотт Н., Герни Р. Электронные процессы в ионных кристаллах. М.: Изд.-во иностранной литературы, 1950, 304 с.
4. Пиментел Г., Спратли Р. Как квантовая механика объясняет химическую связь. М.: Мир, 1973, 332 с.
5. Као, Kwan Chi. Dielectric phenomena in solids: with emphasis on physical concepts of electronic processes. Elsevier, 2004, 581 p.
6. Сканави Г. И. Физика диэлектриков (область слабых полей). М.Л.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949, 500 с.
7. Диэлектрическая спектроскопия. Сборник статей. М.: Изд.-во иностранной литературы. 1960, 364 с.
8. Абрагам А., Блيني Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. В 2-х томах: Т.1, М.: Мир, 1972, 652 с.; Т.2, М.: Мир, 1973, 352 с.
9. Сигмен А. Мазеры. М.: Мир, 1966, 522 с.
10. Меланхолин Н. М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. М.: Наука, 1970, 156 с.

#### **10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <http://window.edu.ru>
2. <http://www.photonics.com/EDU/Handbook.asp>
3. <http://www.rp-photonics.com/encyclopedia.html>
4. <http://gen.lib.rus.ec/>